Nicht f. d. Austausch

Die Kernschwingungsbanden des festen Brom- und Jodwasserstoffs im Gebiet ihrer Umwandlungspunkte

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

genehmigt von der Philosophischen Fakultät
der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

von

Jean Zunino
in Berlin

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Februar 1936
Tag der Promotion: 18. Juni 1936

Sonderabdruck aus „Zeitschrift für Physik", Band 100, Heft 5/6

Verlag von Julius Springer in Berlin
1936

169

Referenten: Prof. Dr. G. Hettner
Prof. Dr. A. Wehnelt

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Kernschwingungsbanden des festen Brom- und Jodwasserstoffs wurden bei 4,1 bzw. 4,7 μ gefunden. Sie sind gegenüber den Rotationsschwingungsbanden der Gase nur wenig nach längeren Wellen verschoben, die Verschiebung nimmt mit zunehmender Temperatur ab. Eine Andeutung der Rotation der Moleküle wurde nicht gefunden.

Bei der Messung der spezifischen Wärme von festem Brom- und Jodwasserstoff[1]) wurden Umwandlungen gefunden, die sich in einem kleinen, aber endlichen Temperaturbereich vollziehen. Die spezifische Wärme steigt in einem Intervall von 2 bis 5^0 bis zu einem Maximum an, um nach einem raschen Abfall weiter normal zu verlaufen. Bei HBr liegen die Umwandlungen bei 90^0 abs. und bei 115 und 117^0 abs., bei HJ bei 72 und 124^0. Messungen der Kristallstruktur haben ergeben, daß im festen Zustand HBr rhombisch-flächenzentriert, HJ tetragonal-flächenzentriert ist, und daß an den Umwandlungspunkten nicht das Kristallsystem, sondern nur das Achsenverhältnis des Kristalls sich ändert[2]). Justi und v. Laue[3]) erklären diese Art der Umwandlung thermodynamisch als eine solche dritter Ordnung, bei welcher die thermodynamischen Potentialflächen der beiden Phasen sich im Schnittpunkt berühren, die spezifische Wärme zeigt dann vor oder nach dem Durchlaufen eines endlichen Maximums am Umwandlungspunkt einen Knick. Diese Art der Umwandlung, die zuerst am Ammoniumchlorid gefunden wurde und daher als Ammoniumchloridtypus bezeichnet wird, wird von Simon[4]) als molekulare Umwandlung innerhalb einer einheitlichen Phase aufgefaßt, ebenso von Pauling[5]), von dem die Umwandlung darauf zurückgeführt wird, daß am Umwandlungspunkt Rotation der Moleküle

---

[1]) A. Eucken u. E. Karwat, ZS. f. phys. Chem. **112**, 467, 1924; W. F. Giauque u. R. Wiebe, Journ. Amer. Chem. Soc. **50**, 2193, 1928; **51**, 1441, 1929. — [2]) Natta, Nature **127**, 335, 1931; Mem. d. Reale Accad. d'Italia **2** [Chim.], 15, 1931; B. Ruhemann u. F. Simon, ZS. f. phys. Chem. (B) **15**, 389, 1932; **16**, 408, 1932. — [3]) E. Justi u. M. v. Laue, Berl. Ber. 1934, S. 237; Phys. ZS. **35**, 945, 1934; **36**, 146, 1935; A. Eucken, ebenda **35**, 954, 1934. — [4]) F. Simon, Ergebn. d. Naturw. **9**, 222 (besonders S. 258), 1930; F. Simon u. R. Bergmann, ZS. f. phys. Chem. (B) **8**, 255, 1930. — [5]) L. Pauling, Phys. Rev. (2) **36**, 430, 1930.

einsetzt, Stern[1]) und Fowler[2]) haben sich dem angeschlossen und führen die Paulingschen Rechnungen weiter durch.

In zwei Arbeiten von Hettner[3]) wurde nun die Kernschwingungsbande des festen Chlorwasserstoffs bei 3,7 μ aufgefunden und näher untersucht. Hettner fand unterhalb des kristallographischen Umwandlungspunktes bei 98,8° eine Doppelbande, die am Umwandlungspunkt sprunghaft in eine einfache Schwingungsbande übergeht. Die Schwingungsbande ist gegenüber der des Gases nur wenig nach längeren Wellen verschoben. Über die Annahme von Simon und Simson[4]) und von Pauling (l. c.), die auch diesen kristallographischen Umwandlungspunkt durch Einsetzen von Rotation erklären, konnte durch diese Ultrarotmessungen allein noch nicht entschieden werden.

Es war nun von wesentlichem Interesse, die Messungen Hettners auch auf Brom- und Jodwasserstoff auszudehnen, um festzustellen, ob auch bei ihnen Doppelbanden auftreten. Die Messungen der Dielektrizitätskonstanten von Smyth und Hitchcock[5]) sprechen dafür, daß in den Umwandlungsgebieten Molekülrotationen auftreten, besonders bei HBr steigt in einem Intervall von wenigen Graden um 90° die Dielektrizitätskonstante bis über 30 an, bei 115 und 117° und am Schmelzpunkt wurden kleinere Sprünge festgestellt.

Die vorliegenden Versuche wurden an dünnen HBr- und HJ-Schichten zwischen 85 und 130° K angestellt. Es wurde die Durchlässigkeit der Schichten zwischen 1 und 8 μ gemessen.

Versuchsanordnung. Die Strahlung eines Nernst-Brenners wurde durch ein Spiegelspektrometer mit 60°-Flußspatprisma und Wadsworth-Einrichtung zerlegt. Das Spektrometer wurde mit Hilfe der bekannten Brechungsquotienten des Flußspats geeicht. Zur genaueren Eichung wurde die Rotationsschwingungsbande des gasförmigen Bromwasserstoffs bei 3,9 μ gemessen und mit den Werten von Plyler und Barker[6]) verglichen. Einen weiteren Eichpunkt lieferte die CO_2-Absorption der Zimmerluft, die bei 4,255 μ (2350 cm^{-1})[7]) in dem etwa 3 m langen Strahlengang über 90% ausmachte.

---

[1]) T. E. Stern, Proc. Roy. Soc. London (A) **130**, 551, 1930. — [2]) R. H. Fowler, ebenda **149**, 1, 1935; **151**, 1, 1935. — [3]) G. Hettner, ZS. f. Phys. **78**, 141, 1932, im folgenden als H. I; **89**, 234, 1934, im folgenden als H. II zitiert. — [4]) F. Simon u. Cl. v. Simson, ebenda **21**, 168, 1924. — [5]) C. P. Smyth u. C. S. Hitchcock, Journ. Amer. Chem. Soc. **55**, 1830, 1933. — [6]) E. K. Plyler u. E. F. Barker, Phys. Rev. (2) **44**, 984, 1933. — [7]) P. E. Martin u. E. F. Barker, ebenda (2) **41**, 291, 1932.

Einen Schnitt durch das Absorptionsgefäß zeigt Fig. 1. Es ist ähnlich gebaut wie bei Hettner[1]), jedoch wurde eine Form gewählt, die den über der Schicht befindlichen schädlichen Gasraum verkleinert, außerdem wurde nur Neusilber und Kupfer verwendet. N_1 ist ein Neusilberrohr von 40 mm Durchmesser und 0,2 mm Wandstärke, an dessen unterem Ende die 5 mm dicke Kupferscheibe S vakuumdicht eingelötet war. Die obere Fläche von S war eben geschliffen und auf Hochglanz poliert, sie diente als Spiegel für die Strahlung. Am oberen Ende von N_1 war ein Kupferring K angelötet, durch den ein Neusilberrohr N_3 von 4 mm Durchmesser hindurchführte, das mit der Glasapparatur verbunden wurde. N_2 ist ein Neusilberrohr von 30 mm Durchmesser und 1 mm Wandstärke, das oben und unten mit Kupferringen von der aus der Figur ersichtlichen Form versehen war. Die oberen Ringe wurden mit Wachskolophonium verkittet, ebenso wurde der untere Teil des Rohres N_2 durch eine Steinsalzplatte verschlossen. Für die oben erwähnte Eichung des Spektrometers mit gasförmigem HBr wurde statt des inneren Neusilberrohres N_2 ein Kupferring und auf diesen eine Steinsalzplatte auf K gekittet. Im Innern von N_2 befand sich auf einem Kupferzylinder eine Heizwicklung aus Konstantandraht, um ein Beschlagen der Steinsalzplatte zu verhüten.

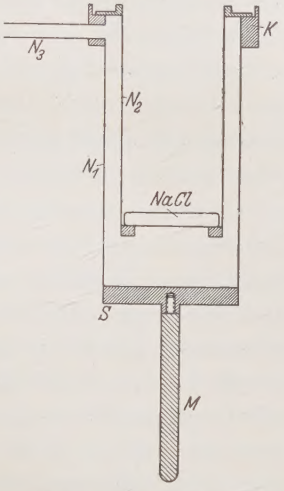

Fig. 1. Absorptionsgefäß.

An die Scheibe S konnte von unten eine 5 mm starke Messingstange M geschraubt werden, sie tauchte in ein Dewar-Gefäß mit flüssiger Luft, so daß durch die Höhe des Flüssigkeitsniveaus die Temperatur kontinuierlich reguliert werden konnte. Zur Messung dieser Temperatur war an der Scheibe S ein Kupfer-Konstantan-Thermoelement befestigt. Dieses Thermoelement wurde empirisch geeicht; da jedoch die Entfernung der benutzten Fixpunkte voneinander beträchtlich ist, so sind die Temperaturangaben nur als ungefähre Werte ($\pm 1^0$) zu betrachten. Das Dewar-Gefäß stand auf einem Tischchen, dessen Höhe mit Hilfe eines Schneckentriebes verstellt werden konnte. Durch das Ansatzrohr N_3 wurde zur Messung nach dem Evakuieren eine geeignete Menge des zu untersuchenden Gases zugeführt, die sich bei der tiefen Temperatur des Kupferspiegels S auf diesem kondensierte. Die

[1]) H. II, Fig. 1.

Schicht wurde durch die von oben über Planspiegel kommende Strahlung zweimal durchsetzt.

Zur Messung der Strahlung diente ein Hettnersches Radiometer[1]). Um möglichst schnell messen zu können, wurde ein Instrument von nur 6 sec halber Schwingungsdauer verwendet. Die Strahlung passierte erst hinter dem Spektrometer das Absorptionsgefäß, da die Gesamtstrahlung des Nernst-Brenners eine ungleichmäßige Erwärmung der Schicht und somit Sublimation hervorgerufen hätte. Dadurch ergab sich allerdings ein starker Kälteausschlag und ein Wandern des Radiometers bei Abkühlung des Kupferspiegels *S*. Das Wandern des Instruments ließ sich meist durch Verändern der Heizung im inneren Rohre des Absorptionsgefäßes beseitigen. Dies war insbesondere bei den Isochromatenmessungen nötig.

Herstellung und Reinigung der Gase. Bromwasserstoff wurde aus einer bei 0^0 gesättigten Lösung (Kahlbaum) gewonnen, Jodwasserstoff dadurch, daß in einem Kolben Wasser auf ein geeignetes Gemisch von Jod und rotem Phosphor tropfte. Das sich entwickelnde Gas wurde in zwei aneinandergeschmolzenen Kühlfallen ausgefroren. Diese Kühlfallen waren untereinander sowohl wie nach außen durch Glashähne verschließbar, an beiden Enden waren Außenschliffe angeschmolzen, die auf einen Innenschliff an der Glasapparatur paßten. In diesen Ausfriertaschen konnte das Gas durch fraktionierte Destillation im Hochvakuum gereinigt werden. Wenn das Gas in die erste Falle, die mit flüssiger Luft gekühlt wurde, sublimiert war, wurden beide Fallen ausgepumpt, die zweite in flüssige Luft getaucht und bei der ersten die flüssige Luft durch ein Kohlendioxyd-Äther-Gemisch ersetzt, so daß der Halogenwasserstoff in die zweite Falle destillierte und Verunreinigungen, Wasserreste in der ersten zurückblieben. Sodann wurde der Hahn zwischen beiden Fallen geschlossen, das Kohlensäure-Äther-Gemisch entfernt und die erste Falle wieder ausgepumpt. Dann konnte das Gas auf dieselbe Weise aus der zweiten in die erste Falle destilliert werden. Dieser Vorgang konnte beliebig oft wiederholt werden, eine zweimalige Sublimation genügte jedoch, da dann keine Dampfreste beim dritten Mal in der zweiten Ausfriertasche mehr vorhanden waren. Schließlich wurde dann eine Vorratskugel von 14 cm Durchmesser mit dem bei der Temperatur des CO_2-Äther-Gemisches herrschenden Dampfdruck (HBr 400 mm, HJ 68 mm) gefüllt. In dieser Vorratskugel stand das Gas zum Trocknen mit wasserfreiem Calciumbromid dauernd in Berührung. Durch eine Gasschleuse konnte eine geeignete Menge des Gases in einen Teil der Glasapparatur eingelassen

[1]) G. Hettner, ZS. f. Phys. **47**, 499, 1928.

werden, in dem sich ein U-Rohr und ein Platinhitzdrahtmanometer befand. Das Volumen dieses Teils der Glasleitung wurde bestimmt, das Hitzdrahtmanometer für HBr und HJ mit einem McLeod geeicht. Es konnte somit die in diesem Teil der Glasleitung befindliche Gasmenge berechnet werden und hieraus die Schichtdicke unter der Annahme, daß das Gas nur auf die Kupferscheibe S des Absorptionsgefäßes gleichmäßig sublimierte und nicht auf die Innenseite des Rohres N_1. Die errechneten Werte sind also nur obere Grenzen. In dem U-Rohr wurde zu jeder Messung das Gas nochmals mit flüssiger Luft und fester Kohlensäure, wie oben beschrieben, von Feuchtigkeitsresten befreit.

Die Messungen. Die Breite der Spektrometerspalte betrug meist 0,15 mm, das entspricht etwa einem Wellenlängenbereich von 0,03 μ bzw. 18 cm^{-1} in der Gegend von 4 μ oder 15 cm^{-1} in der Gegend von 4,7 μ. Der Abstand der Meßpunkte war gewöhnlich 0,01 μ oder 6 cm^{-1}. Bei HBr wurden auch einige Messungen mit 0,1 mm Spaltbreite entsprechend 12 cm^{-1} gemacht. Die benutzten Schichten des HBr waren in der Regel 1,5 bis 1,9 μ, die des HJ 2 bis 2,3 μ dick. Da bei der Messung der einfallenden Strahlung das Radiometer dieselbe Empfindlichkeit haben mußte wie bei der mit Schicht, bei dieser Messung die Nullage des Radiometers jedoch stets eine andere war, mußte erst mit Schicht gemessen werden, dann, nachdem das Gas wieder in das U-Rohr zurücksublimiert war, mußte durch Kühlung und Gegenheizung dieselbe Nullpunktsstellung erreicht werden, was für gewöhnlich gelang. Die Empfindlichkeit ist nämlich von der Nullage abhängig, sie ist nicht nur um so größer, je näher der bestrahlte Radiometerflügel sich an der Gegenplatte befindet, sondern nach der Hettnerschen[1]) Theorie des Radiometereffektes auch je größer der Temperaturgradient zwischen Mitte und Rand des Flügels ist. Dieser Temperaturgradient ist am größten, wenn der Flügel in der Bildebene des letzten im Instrument befindlichen Hohlspiegels steht, ein Herausdrehen des Flügels aus dieser Ebene verringert also die Empfindlichkeit. Es wurde gesondert geprüft, ob die Ausschläge proportional der Strahlungsintensität waren.

Selektive Absorption wurde nur in der Gegend der Kernschwingungsbande gefunden, insbesondere konnte keine Oberschwingung festgestellt werden. Die Schwingungsbanden waren gegenüber denen der Gase nach längeren Wellen verschoben, eine Feinstruktur wurde niemals beobachtet. Es gelang bei HBr dreimal, bei HJ zweimal, mit derselben Schicht bei drei

[1]) G. Hettner, ZS. f. Phys. **27**, 12, 1924; **47**, 499, 1928; M. Czerny u. G. Hettner, ebenda **30**, 158, 1924.

verschiedenen Temperaturen die Banden zu messen, ohne daß sich die Schichtdicke wesentlich änderte. Fig. 2 zeigt die Durchlässigkeitskurven des Bromwasserstoffs, Fig. 3 die des Jodwasserstoffs. Man erkennt eine Verschiebung der Bande nach kürzeren Wellen mit zunehmender Temperatur. Bei HBr wurden in dem gestrichelt gezeichneten Teil der Kurven die Meßpunkte weggelassen, da diese wegen der starken CO_2-Absorption zu sehr

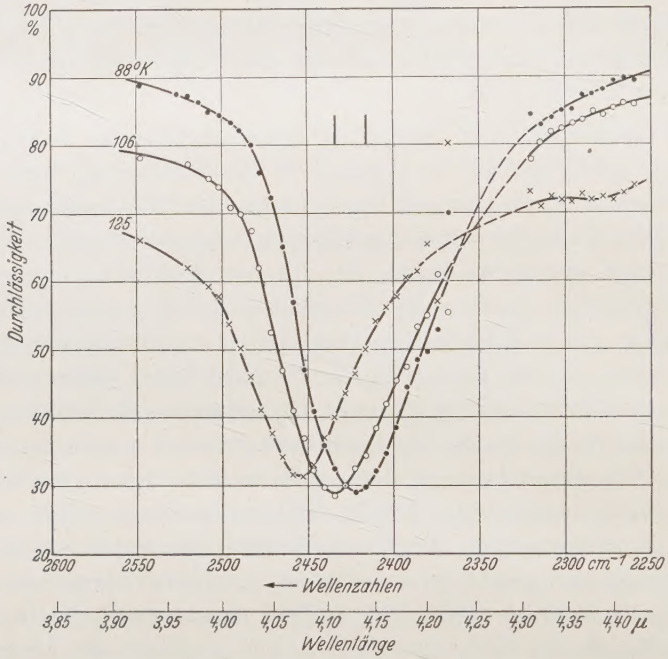

Fig. 2. HBr, Isothermen.

streuten, sie lagen meist zu hoch, da der CO_2-Gehalt zwischen der Messung mit und der ohne Schicht gewöhnlich gestiegen war. Es wurden jedoch auch einige Kurven gewonnen, bei denen eine Änderung des CO_2-Gehaltes der Zimmerluft anscheinend nicht eingetreten war, vielmehr der kurzwellige und der langwellige Anstieg der Durchlässigkeitskurven vollkommen glatt war. Es wurde ferner bei verschiedenen Temperaturen der Bereich zwischen 4,18 und 4,32 μ genauer gemessen, indem jeder Meßpunkt aus 5 bis 10 Ausschlägen gemittelt wurde. Diese Messungen rechtfertigten den in Fig. 2 gestrichelt gezeichneten Teil der Kurven. Bei höherer Temperatur war die Durchlässigkeit im ganzen Intervall von 1 bis 8 μ, abgesehen von der Bande selbst, oftmals geringer, zwischen 80 und 50%, was offenbar auf größere

Streuung an der Oberfläche oder innerhalb der Schicht zurückzuführen ist. Ein Einfluß der Sublimationstemperatur wurde, entgegen dem Befund bei HCl[1]), hier nicht festgestellt, vielmehr waren die Banden unabhängig davon, ob die Schicht bei der Temperatur, bei der gemessen wurde, sublimiert war oder erst über die Umwandlungspunkte erwärmt oder abgekühlt wurde. Bei den in den Fig. 2 und 3 gezeigten Kurven wurden die Schichten bei der

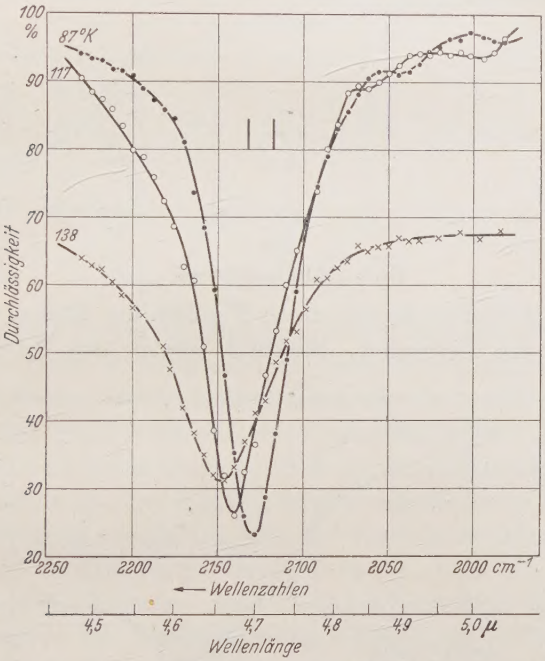

Fig. 3. H J, Isothermen.

tiefsten mit flüssiger Luft erreichbaren Temperatur hergestellt. An dem langwelligen Teil der Banden zeigten sich mitunter kleinere Maxima und Minima, deren Lage jedoch nicht reproduzierbar war, es dürfte sich hierbei, ebenso wie beim HCl, um Interferenzeffekte handeln. Bei der in Fig. 3 gezeigten Meßreihe des H J wurde noch eine Kurve bei 145° K aufgenommen, jedoch schwankten hier die Meßpunkte stärker, wahrscheinlich durch Änderung der Schichtdicke durch dauernde Sublimation, das Durchlässigkeitsminimum lag hier bei 2156 cm^{-1}.

Die Isochromatenmessungen lieferten im allgemeinen stetige Kurven, nur bei HBr zeigten sich Knicke an den Umwandlungspunkten bei der

[1]) H. II, S. 238.

Wellenlänge 4,05 μ am kurzwelligen Anstieg der Durchlässigkeitskurve. Fig. 4 zeigt eine der Isochromaten. Bei den Isochromaten bei 4,10 und 4,15 μ waren diese Unstetigkeiten nur schwach angedeutet und lagen meist

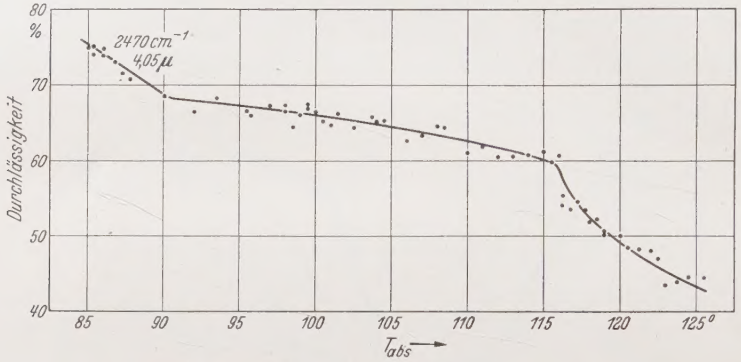

Fig. 4. H Br, Isochromate.

innerhalb der Meßfehler, die hier durch Wandern des Radiometers größer waren als bei den Isothermen. Manchmal zeigten sich Sprünge in den

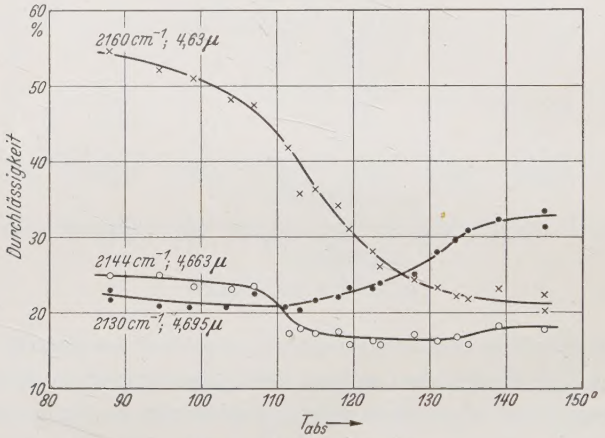

Fig. 5. H J, Isochromaten.

Kurven, ihre Lage und ihre Höhe aber war nicht reproduzierbar, es handelte sich hier sicher auch um Sublimationserscheinungen. Bei Jodwasserstoff wurden keine außerhalb der Meßfehler liegenden Unstetigkeiten gefunden. Eine Meßreihe, bei der gleichzeitig bei drei verschiedenen Wellenlängen mit derselben Schicht die Temperaturabhängigkeit der Durchlässigkeit bestimmt wurde, zeigt Fig. 5. Es wurde stets bei steigender Temperatur gemessen, die Schichten waren bei der Temperatur der flüssigen Luft kondensiert.

Da nur mit flüssiger Luft als Kältemittel gearbeitet wurde, sind Messungen an dem Umwandlungspunkt von HJ bei 72^0 nicht vorgenommen worden; wesentlich neue Ergebnisse sind hier wohl auch kaum zu erwarten. In der Tabelle 1 sind die Wellenzahlen und die relativen Frequenzverschiebungen bei den verschiedenen Temperaturen zusammengestellt:

Tabelle 1.

	ν cm^{-1}	T abs.	$\Delta\nu$ cm^{-1}	$\frac{\Delta\nu}{\nu}\cdot 10^2$	
HBr	2558	etwa 290^0			$\frac{\Delta\nu}{\nu} = (8{,}48 - 0{,}035 \cdot T)\cdot 10^{-2}$
	2454	125	104	4,07	
	2436	107	122	4,77	
	2420	88	138	5,40	
HJ	2231	etwa 290^0			$\frac{\Delta\nu}{\nu} = (6{,}84 - 0{,}024 \cdot T)\cdot 10^{-2}$
	2156	145	75	3,36	
	2142	120	89	3,99	
	2124	85	107	4,80	

Die relative Frequenzverschiebung nimmt in dem gemessenen Intervall linear mit zunehmender Temperatur ab. Diese Gesetzmäßigkeit ist in der Tabelle 1 angegeben. Daß trotz dieser Linearität die Isochromate des HBr bei 4,05 μ Unstetigkeiten aufweist, rührt daher, daß die Wellenlänge 4,05 μ an dem recht steilen kurzwelligen Anstieg der Durchlässigkeitskurve liegt. Diese Unstetigkeiten können entweder durch verschiedenartige Verbreiterung der Bande oder durch verschieden „schnelle" Verschiebung der Schwingungsfrequenzen mit der Temperatur verursacht werden. Eine Verbreiterung der Banden wäre durch Einsetzen einer Pendelbewegung oder einer stark gehemmten Rotation der Dipolmoleküle zu erklären, wie es Pauling (l. c.) annahm. Die hohe Dielektrizitätskonstante des festen HBr bei 90^0 ließe vermuten, daß zwischen 85 und 95^0 eine stark verbreiterte Bande auftritt, davon ist aber an den in diesem Temperaturgebiet aufgenommenen Isothermen nichts zu bemerken. Diejenigen Durchlässigkeitskurven, deren Verlauf vollkommen symmetrisch, also nicht durch Änderung des CO_2-Gehaltes der Zimmerluft verfälscht war, lassen keine Verbreiterung erkennen. Bei HBr muß also eine verschiedenartige Frequenzverschiebung für wahrscheinlicher gehalten werden, die jedoch zu gering ist, um an der Lage des Maximums erkannt zu werden.

Die Verschiebung der Schwingungsfrequenz der festen Substanz gegenüber dem freien Molekül im gasförmigen Zustand und der Gang der Verschiebung mit der Temperatur sind dem Einfluß der Nachbarmoleküle zuzuschreiben. Die Temperaturabhängigkeit der Frequenz muß demnach im

wesentlichen durch die Abstandsänderungen der Moleküle, also durch die thermische Ausdehnung, gegeben sein. Es muß also beim festen HBr eine Anomalie der thermischen Ausdehnung vermutet werden. Schon Ruhemann und Simon[1]) äußerten diese Vermutung, da, wie oben erwähnt, an den Umwandlungspunkten das Achsenverhältnis des Kristalls sich ändert. Beim festen HJ ist diese Anomalie ebenfalls vermutet worden, aus vorliegendem Befund kann man nur schließen, daß sie hier die Schwingung weniger beeinflußt als bei HBr.

Die Frequenzverschiebungen in Wechselwirkung stehender Moleküle sind von London[2]) berechnet worden. Seine Ergebnisse sind aber hier nicht ohne weiteres anwendbar, weil sie sich nur auf ein ganz spezielles Molekülmodell und nur auf ein Paar von Molekülen beziehen. Er findet für die Größenordnung der relativen Verschiebung

$$\frac{\Delta \nu}{\nu} = \frac{\alpha}{R^3}.$$

Dabei ist α die statische Polarisierbarkeit des Moleküls, R der Abstand der Molekülschwerpunkte. Diese Beziehung stimmt nun in den hier vorliegenden Fällen recht gut, wie die Tabelle 2 zeigt.

	$\alpha \cdot 10^{24}$	$R \cdot 10^8$	$\frac{\alpha}{R^3}$	$\frac{\Delta \nu}{\nu}$ exp.
HBr	3,58	4,17	0,049	0,048 bei 107° 0,054 „ 88
HJ	5,39	4,5	0,059	0,040 „ 120 0,048 „ 85

Hier ist R der aus der Dichte bei tiefen Temperaturen berechnete mittlere Molekülabstand[3]).

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung und unter Leitung des Herrn Prof. Dr. G. Hettner ausgeführt.

Es sei mir erlaubt, auch an dieser Stelle Herrn Prof. Hettner für sein großes Interesse und seinen stets in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellten Ratschlag herzlich zu danken.

Berlin, I. Physikalisches Institut der Universität, im Januar 1936.

[1]) B. Ruhemann u. F. Simon, ZS. f. phys. Chem. (B) **15**, 389, 1932. — [2]) F. London, ebenda **11**, 222, 1932. — [3]) Bei HJ liegt eine neuere Dichtebestimmung von B. Ruhemann u. F. Simon, ebenda **15**, 389, 1932; **16**, 408, 1932, vor. Da es hier auf große Genauigkeit nicht ankommt, wurden die von London (l. c.) benutzten Werte beibehalten.

Lebenslauf

Ich, Jean Zunino, wurde am 18. Mai 1909 in Wiesbaden als Sohn des Kapellmeisters Jean Baptiste Zunino und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Rackow, geboren. Nach dem Besuch der Grundschule trat ich Ostern 1920 in die Siemens-Oberrealschule zu Charlottenburg ein, die ich Ostern 1930 mit dem Reifezeugnis verließ. Im Sommersemester 1930 immatrikulierte ich mich an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin und besuchte die Vorlesungen und Übungen der Herren Professoren und Dozenten: Bieberbach, Brauer, Czerny, Feigl, Hammerstein, Hettner, v. Laue, Nernst, Rieffert, Schlenk, E. Schmidt, Schur, Wehnelt.

Im Sommersemester 1934 begann ich die vorstehende Arbeit im I. Physikalischen Institut, die ich im Herbst 1935 abschließen konnte.

Druck von Friedr. Vieweg & Sohn AG., Braunschweig
Printed in Germany